CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION
КОСТЕ РАЦИНА 16б, 11000 БЕОГРАД
САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о.
11000 БЕОГРАД, НЕМАЊИНА 6/IV
тел: 011/3618-134, факс: 011/3618-324,
web site: www.sicip.co.rs

**2/3-1.36.2.1 НАСЛОВНА СТРАНА**

**2/3 ПРОЈЕКАТ ДРУМСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА**

| | |
|---|---|
| Инвеститор: | „Инфраструктура Железнице Србије“ а.д.<br>Немањина 6/4, Београд |
| Наручилац: | Конзорцијум фирми: China Railway International Corporation Ltd.<br>China Communication Construction Company Ltd. (CCCC) |
| Објекат: | Пруга Београд – Суботица - државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА),** у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци |
| Врста техничке документације: | **ПГД-** Пројекат за грађевинску дозволу |
| Назив и ознака дела пројекта: | **2/3-1.36.2 Денивелација ГС Мајшански пут – надвожњак на км 177+329.34 пруге -пројекат коловозне конструкције** |
| За грађење / извођење радова: | Ново градња |

| | |
|---|---|
| Пројектант: | China Railway Design Corporation Serbia Ogranak Beograd<br>Косте Рацина 16б<br>11000 Београд, Србија |
| Одговорно лице пројектанта: | Генерални директор:<br>耿欣 (Генг Ксин) |
| Потпис: | XIN GENG<br>Digitally signed by XIN GENG<br>DN: c=CN, 2.5.4.97=MB:RS-29507694, 2.5.4.97=VATRS-110796671, o=CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA OGRANAK BE, serialNumber=CA:RS-44102, serialNumber=PASCN-PE212022, sn=GENG, givenName=XIN, cn=XIN GENG<br>Date: 2021.07.20 15:24:29 +02'00' |
| Одговорни пројектант: | Бојан Ратковић, дипл. грађ. инж.<br>Лиценца број: 315 И00636 19 |
| Потпис: | Bojan Ratković<br>Digitally signed by Bojan Ratković<br>DN: c=RS, serialNumber=CA:RS-28122, serialNumber=PNORS-1203983710168, sn=Ratković, givenName=Bojan, cn=Bojan Ratković<br>Date: 2021.07.20 15:24:08 +02'00' |
| Број дела пројекта: | 2020-001-ГС-2/3-1.36.2 |
| Место и датум: | Београд, април 2021. |

CeS.TRA

## ТЕХНИЧКА КОНТРОЛА ПРОЈЕКТА ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ

## 2/3.1.36.2 ДЕНИВЕЛАЦИЈА ГС МАЈШНСКИ ПУТ – НАДВОЖЊАК НА КМ 177+329.34 ПРУГЕ – ПРОЈЕКАТ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Објекта: Пруга Београд - Суботица - државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, на основу Закона о планирању и изградњи („Службени гласник РС” бр. 72/09, 81/09 – исправка, 64/10 – одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13 – одлука УС, 50/13 – одлука УС, 98/13 – одлука УС, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/19 - др. Закон, 9/20 и 52/21) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката (“Службени гласник РС”, бр. 73/2019), извршена је техничка контрола предметне документације, од стране предузећа CESTRA d.o.o. Београд.

**ПРОЈЕКАТ СЕ ПРИХВАТА**

Вршилац техничке контроле: CESTRA d.o.o,
Макензијева 57, Београд

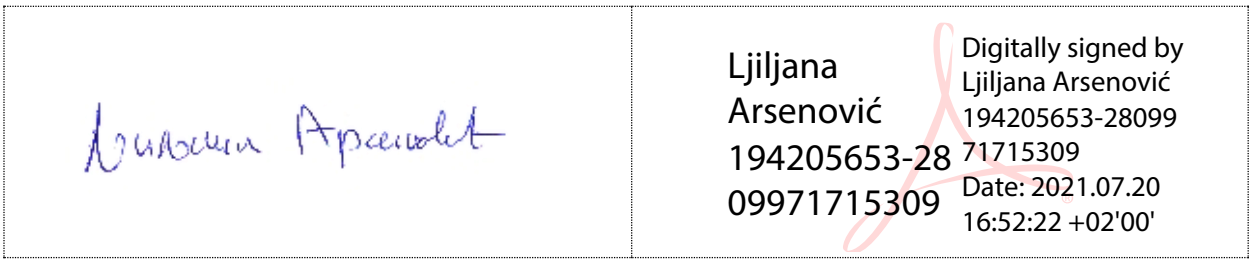
Број лиценце: 351-02-03374/2020-09 од 18.03.2021.

Одговорно лице/Заступник: Директор:
Драган Милић, дипл.грађ.инж.

Потпис:

Вршилац техничке контроле: Љиљана Арсеновић, дипл.грађ.инж.
Број лиценце: 315 D173 06

Потпис:




Број техничке документације: A10312-61/21

Место и датум: Београд, 2021.

**2/3-1.36.2.2 САДРЖАЈ**


| | |
|---|---|
| 2/3-1.36.2.1 | Насловна страна |
| 2/3-1.36.2.2 | Садржај |
| 2/3-1.36.2.3 | Решење о одређивању одговорног пројектанта |
| 2/3-1.36.2.4 | Изјава одговорног пројектанта |
| 2/3-1.36.2.5 | Текстуална документација |
| 2/3-1.36.2.5.1 | Пројекат коловозне конструкције |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

## 2/3-1.36.2.3 РЕШЕЊЕ О ОДРЕЂИВАЊУ ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу члана 128а, Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10- одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13-одлука УС, 50/13-одлука УС, 98/13- одлука УС, 132/14, 145/14, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - др.закон и 9/2020) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката ("Службени гласник РС", бр. 73/2019) као:

**О Д Г О В О Р Н И  П Р О Ј Е К Т А Н Т**

за израду **ПРОЈЕКТА ДРУМСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА - 2/3-1.36.2 Денивелација ГС Мајшански пут – надвожњак на км 177+329.34 пруге -пројекат коловозне конструкције**, који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, одређује се:

Бојан Ратковић, дипл.грађ.инж. _____315 И00636 19

| | |
|---|---|
| Пројектант: | CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA OGRANAK BEOGRAD, Косте Рацина 16б |
| Одговорно лице/заступник: | Генерални директор: Генг Ксин, дипл.инж. |
| | Потпис: |
| Број техничке документације: | 2020-001-ГС-2/3-1.36.2 |
| Место и датум: | Београд, април 2021. |

## 2/3-1.36.2.4 ИЗЈАВА ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

Одговорни пројектант **ПРОЈЕКТА ДРУМСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА - 2/3-1.36.2 Денивелација ГС Мајшански пут – надвожњак на км 177+329.34 пруге -пројекат коловозне конструкције**, који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци:

Бојан Ратковић, дипл. грађ.инж.

**И З Ј А В Љ У Ј Е М**

1. да је пројекат у свему у складу са издатим Локацијским условима:

-Бр.:ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 06.04.2020,

-Бр.ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, Заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 07.04.2020 - Решење о исправци грешке,

-Бр.:ROP-MSGI-7141-LOC-1/2020, заводни број: 350-02-00109/2020-14 од 08.05.2020,

-Бр.:ROP-MSGI-931-LOCA-3/2020 Заводни број: 350-02-00192/2020-14 од 29.05.2020,
издатим у МГСИ,

2. да је пројекат израђен у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима из области изградње објеката и правилима струке,

3. да је пројекат у свему у складу са начинима за обезбеђење испуњења основних захтева за објекат прописаних елаборатима и студијама.

| | |
|---|---|
| Одговорни пројектант: | Бојан Ратковић, дипл. инж. грађ |
| Број лиценце: | 315 И00636 19 |
| | Потпис: |
| Број техничке документације: | 2020-001-ГС-2/3-1.36.2 |
| Место и датум: | Београд, април 2021. |

# 2/3-1.36.2.5 ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

# 2/3-1.36.2.5.1 ПРОЈЕКАТ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

## САДРЖАЈ


**1. ОПИС ПРОБЛЕМА И ЦИЉ АНАЛИЗЕ ..... 1**
**2. МЕТОДОЛОГИЈА ..... 1**
**3. ЗАХТЕВИ ПРОЈЕКТНОГ ЗАДАТКА ..... 2**
**4. ПРИМЕЊЕНИ СТАНДАРДИ И РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМИ ..... 2**
**5. АНАЛИЗА УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ..... 3**
5.1 Геотехничке карактеристике терена ..... 3
5.2 Хидрогеолошка својства терена ..... 4
5.3 Препоруке за обраду подтла ..... 4
5.4 Земљани труп (насип) - расположиви материјали и носивост ..... 5
5.5 Анализа саобраћајног оптерећења ..... 5
5.6 Климатски и хидролошки услови ..... 6
**6. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ..... 7**
6.1 Материјали и мешавине за израду нових слојева коловоза ..... 8
6.2 Носећи и хабајући слојеви од асфалтних мешавина ..... 8
6.3 Подлога од дробљеног каменог агрегата ..... 8
6.4 Прорачун дозвољене деформације материјала меродавних слојева ..... 9
6.5 Дефинисање прелиминарних решења ..... 10
6.6 Штетни утицај мраза на коловозну конструкцију ..... 10
**7. АНАЛИЗА ПОНАШАЊА КОНСТРУКЦИЈЕ У ЕКСПЛОАТАЦИЈИ ..... 11**
**8. ПРОЈЕКТНО РЕШЕЊЕ ..... 14**

# 1. ОПИС ПРОБЛЕМА И ЦИЉ АНАЛИЗЕ

ГП "CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA" Огранак Београд је као један од Извођача радова на реконструкцији и изградњи двоколосечне пруге Београд-Будимпешта (Коридор Xb). Пруга Београд-Суботица-државна граница (Келебија), представља део пруге Београд-Будимпешта на територији Републике Србије.

Планираном реконструкцијом пруге, а у складу са рангом пруге и важећим прописима (реконструкцијом, модернизацијом и изградњом двоколосечне пруге за брзину до 200 km/h), неопходно је извршити раздвајање друмског и железничког саобраћаја у зони укрштаја ван нивоа коловосека, изградњом објекта друмске денивелације (надвожњака и подво), у циљу обезбеђивања саобраћајне безбедности свих учесника у саобраћају.

Таквим приступом потребно је дефинисати решења флексибилних коловозних конструкција денивелација (надвожњака и подвожњака) са асфалтним застором и носећим слојем од невезаног дробљеног каменог агрегата која би се прилагодила будућим експлоатационим условима (20 године).

**Предмет овог пројекта за грађевинску дозволу (ПГД) је димензионисање нове флексибилне коловозне конструкције денивелације градске саобраћајнице (Мајшански пут у Суботици) изнад колосека (надвожњак), на стационажи km 177+329.34 пруге.**

Градска саобраћајница Мајшански пут спаја шири центар Суботице са периферијом у северном делу града. На предметној локацији Мајшанског пута налази се постојећи надвожњак који се у потпуности реконструише услед пројектованог положаја модернизоване железничке пруге и пруге за Сомбор и предвиђених висина ГИШ-а.

Пројектним решењем предвиђен је денивелисан укрштај – надвожњак изнад оба колосека пруге. Денивелација почиње уклапањем са Улицом Босе Милићевић. Након конструкције надвожњака пројектована је четворокрака раскрсница.

# 2. МЕТОДОЛОГИЈА

Димензионисање нове коловозне конструкције и прорачун трајности референтних носећих слојева, обављено је поређењем хоризонталне дилатације затезања у доњем влакну асфалтног слоја, односно вертикалне дилатације притиска на постељици, добијене прорачуном вишеслојног еластичног система за случај коловозних конструкција за које важи претпоставка да су слојеви хомогени и изотропни у хоризонталном правцу у сваком слоју (програм "BISAR-Shell"), са дозвољеном вредности хоризонталне и вертикалне дилатације у складу са методом Shell-a.

## 3. ЗАХТЕВИ ПРОЈЕКТНОГ ЗАДАТКА

Предметни Пројектни задатак меродаван је када су у питању захтеви Инвеститора у вези са жељеним квалитетом. Пројектант се упућује на коришћење релевантне техничке докуметације која је у вези са локацијом предметног укрштаја и то:

- Идејни пројекат модернизације (ИДП), реконструкције и изградње пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), денивелисани укрштаји и девијације постојећих путева, књига 2/3-2. Пројекат коловозне конструкције, који је урадио је Саобраћајни Институт ЦИП д.о.о. 2020. године,

- Модернизација, реконструкције и изградње пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), Студија геотехничких истраживања и лабораторијских испитивања, коју је урадила фирма "Геомеханика" д.о.о. из Новог Сада, 2020. године (Инвеститор "CRDC").

Када су у питању захтеви Инвеститора, поред Пројектног задатка и наведене техничке документације, а у складу са предметним укрштајем, неоходно је уважити и обавезујуће закључке Републичке ревизионе комисије и то:

- На саобраћајним површинама са макадамским коловозом, коловозни застор затворити и учврстити ситнијом фракцијом

## 4. ПРИМЕЊЕНИ СТАНДАРДИ И РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМИ

При изради појединих делова ове документације примењени су следећи стандарди:

| | | |
|---|---|---|
| SRPS U.C4.011/1990 | - | Техничка документација. Пројекат коловозне конструкције |
| SRPS U.C4.010/1981 | - | Одређивање укупног еквивалентног саобраћајног оптерећења |
| SRPS U.C4.015/1994 | - | Димензионасање нових флексибилних коловозних конструкција |
| SRPS U.C4.016/1981 | - | Климатски и хидролошки услови |
| SRPS U.B9.012/1981 | - | Процена осетљивости коловозне на дејство мраза и техничке мере за спречавање оштећености |
| SRPS U.E1.010/1981 | - | Земљани радови на изградњи путева- Технички услови за извршење |
| SRPS U.E1.012/1981 | - | Осетљивост материјала-тла на дејство мраза |
| SRPS U.E4.014/1990 | - | Израда хабајућег слоја од асфалтних бетона по врућем поступку- Технички услови |
| SRPS U.E8.010/1981 | - | Носивост и равност на нивоу постељице |
| SRPS U.E9.020/1966 | - | Класичне и савремене подлоге за путеве -Технички услови |
| SRPS U.E9.021/1986 | - | Израда горњих носећих слојева од битуменизираног материјала по врућем поступку- Технички услови |

као и следећи рачунарски програми:

| | |
|---|---|
| • Обрада текста | WORD |
| • Анализа података | EXCEL |
| • Анализа напона и деформација | BISAR i BANDS 2 / 1998 |
| • Цртежи | AutoCad 2004 |

# 5. АНАЛИЗА УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Анализирани су следећи утицајни фактори:

**Коловозна конструкција**

- Геотехничке карактеристике терена - Геотехнички елаборат
- Хидрогеолошка својства терена
- Препоруке за обраду подтла
- Земљани труп (насип) - расположиви материјали и носивост

**Очекивани експлоатациони услови**

- будуће саобраћајно оптерећење
- климатки услови

## 5.1 Геотехничке карактеристике терена

За потребе израде пројектне документације, извршена су геотехничка истраживања унутар локације будућег денивелисаног укршатаја (надвожњака). Из слојева подтла урађена су потребна лабораторијска испитивања у циљу дефинисања физичко-механичких карактеристика евидентираних материјала.

**Хумифицирано тло -** Површински слој, органогени са присуством биљака и корења биљака. Неповољних карактеристика са аспекта дозвољеног оптерећење и реализације секундарних напона, па га стога не треба ангажовати као подтло коловозне конструкције (насипа) већ уклонити и заменити квалитетним материјалом. Дебљине од 1.1 m (просечно).

**Прашина (лес) -** Непосредно испод хумсног слоја, до дубине од 2.5 m, на целокупном истражном простору као подтло, појављује се преконсолидовани прашининасти седименти (лес), слабо песковити и глиновити, дробиви, ниске пластичности, светло браон до жуте боје, са порастом дубине (до 10 m) меканији, уз повећање присуства глиновитог материјала. Резултати лабораторијског испитивања и класификација материјала из слоја постељице су следећи:

- сува запреминска тежина маса: $\gamma_d$ = 1.48 - 1.56 t/m$^3$

По USCS класификацији материјал спада у групу CL (ниско пластична глина). Предметни материјал у подтлу је осетљив на промену присуства воде. На основу свега наведеног закључујемо да је предметни материјал у подтлу лоших карактеристика носивости. У условима када се изградња и обрада завршних слојева обавља при стању повишене влаге није могуће обезбедити добру збијеност и носивост у време градње. Ради провере осетљивости на дејство мраза локалног материјала у постељици одређена је осетљивост материјала на дејство мраза (према стандарду SRPS U.E1.012). На основу параметара индекса пластичности и учешћа честица мањих од 0.02 mm (у % масе), добијених геомеханичким испитивањима закључује материјал од кога се састоји постељица спада у категорију материјала Г4 (врло осетљив на дејство мраза).

## 5.2 Хидрогеолошка својства терена

Изведеним истраживањима на предметном простору, констатована подземна вода са нивоом од НПВ=3.0 – 4.0m.

## 5.3 Препоруке за обраду подтла

На локацији будућег укрштаја нова коловозна конструкција саобраћајнице положена је на високом насипу, односно на постојећем терену (подтлу) кад је у питању сервисна саобраћајница. Пре израде насипа неопходно је извршити најпре откоп, тј. уклањање површинског слоја хумуса дебљине просечно 1.1m. По уклањању површинског слоја тло се доводи у стање влажности која омогућује проходност грађевинских машина и оптималне услове збијања. Пројектом се превиђа механичка стабилизација материјала (збијање) у подтлу. **Захтевани модул стишљивости након збијања слоја је Ms≥25MPa (модул деформабилности износи $E_{V2}$≥35MPa).** Збијање подтла се врши по претходно изравнатој површини терена. На површинама у којима се врши збијање и обрада подтла мора се осигурати адекватно одводњавање. Сходно важећим стандардима и критеријумима прописаним Општим техничким условима[1] вршити контролу квалитета материјала у подтлу и то:

- за насипе висине до 2.0m, збијеност подтла од земљаног ситнозрног (кохерентног), односно земљаног невезаног крупнозрног или мешовитог (некохерентног) тла мора бити Sz=98% од максималне суве запреминске тежине, одређене стандардним Proctor-овим поступком.
- за насипе висине преко 2.0m, збијеност подтла од земљаног ситнозрног (кохерентног), односно земљаног невезаног крупнозрног или мешовитог (некохерентног) тла мора бити Sz=95% од максималне суве запреминске тежине одређене по стандардном, Proctor-овом поступку

**Како постоји ризик од инфилтрације воде у дужем временском периоду, тако постоји ризик од опадања носивости у дужем временском периоду. Тада је неопходно извршити допунске радове на унапређену носивости (употреба геотекстила - нетканог).**

[1] *ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ГРАЂЕЊЕ ПУТЕВА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ, Део 2: Посебни Технички услови, 2.2. Земљани радови, Тачка 2.2.3.4 - Квалитет израде, ЈП "Путеви Србије", Београд 2018,*

## 5.4 Земљани труп (насип) - расположиви материјали и носивост

Сходно намени саобраћајнице захтев је обезбедити високу трајну носивост земљаног трупа. Основни захтеви које завршни слој земљаних радова мора да испуни су:

- Обезбеђење добрих услова грађења самог слоја постељице и наредних слојева коловозне конструкције.
- Потребан ниво квалитета и трајно механичко функционисање постељице током целокупног периода експлоатације сходно предвиђеном пројектном решењу.

Пројектно решење израде насипа (у складу са расположивм локалним материјалима) представља:

- **Насип од рефулисаног или мајданског песка (из позајмишта). Песак мора бити ослобођен присуства глиновитих честица**

Физичко-механичка својства материјала (песка) и геотехнички услови изградње насипа (анализа стабилности косина и очекивана слегања подтла под оптерећењем насипа), дефинисани су у Геотехничком елаборату а у складу са предложеним нагибима косина дефинисаним у Идејном пројекту (ИДП).

Дебљина слојева који се насипају, мора бити прилагођена у складу с ефектом збијања, по дубини употребљеног средства за збијање и врстом насипаног материјала. Насип треба да се гради у слојевима од по 30-40 cm дебљине.

**Привремена и трајна вредност носивост или носивост завршног слоја насипа од рефулисаног песка добијена током градње (контролисана опитом плочом према немачкој методи) исказана модулом деформабилности износи $E_{V2}$≥50MPa, а однос $E_{V2}/E_{V1} \leq 2.4$.**

## 5.5 Анализа саобраћајног оптерећења

Градска саобраћајница Мајшански пут спаја шири центар Суботице са периферијом у северном делу града. Пројектним решењем предвиђен је денивелисан укрштај (надвожњак) изнад обе пруге. Денивелација почиње уклапањем са Улицом Босе Милићевић, а наставља се новопројектованом четворокраком раскрсницом. Подаци о достигнутим саобраћајним токовима и подаци о очекиваним саобраћајним токовима у планираном периоду експлоатације на предметној градској саобраћајници нису доступни. Имајући у виду геометријско обликовање будуће раскрснице и њен значај у саобраћајној мрежи Суботице, као и присуство возила јавног градског превоза, са великом поузданошћу можемо претпоставити да просечан дневни теретних возила који саобраћа предметном саобраћајницом износи 150-250 (у једном смеру).

У складу са напред изнетим, меродавно саобраћајно оптерећење од 80kN коришћено у прорачуну коловозне конструкције за експлоатациони период од 20 година усвојено је Идејног пројекта коловозне конструкције (ИДП) и оно износи:

$$\mathbf{ECO_{20\ година} = 4.9 \times 10^6\ стандардних\ осовина\ од\ 80\ kN}$$

Овакво саобраћајно оптерећење спада у **категорију тешког саобраћајног оптерећења** (према стандарду SRPS U.C4.010). **Наведена вредност служи као основа за даљу анализу.**

## 5.6 Климатски и хидролошки услови

### Меродавне температуре ваздуха и асфалтних слојева

За сагледавање климатских услова, искоришћени су подаци о средњим месечним температурама ваздуха града Суботице и његове околине. Средње месечне температура ваздуха и асфалтних слојева за метеоролошку станицу Нови Сад за годишњи период од 1990-2019[2] приказане су:

*Табела 1: Средње месечна температуре ваздуха – Суботица*

| Јан. | Феб. | Март | Апр. | Мај | Јун | Јул | Авг. | Сеп. | Окт. | Нов. | Дец. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.3 | 1.5 | 6.3 | 12.0 | 17.4 | 21.1 | 22.8 | 22.3 | 16.9 | 11.5 | 6.1 | 0.9 |

Меродавна годишња температура ваздуха одређена по методи Shell лабораторије износи **w-MAAT=15.4°C,** а ефективна годишња температура асфалтних слојева је **Teff=22.3°C**.

### Референтни индекс мраза

Подаци о дубини дејства мраза (индекса мраза) у природном тлу и коловозним конструкцијама преузети су из Публикације о вредностима индекса мраза за главне метереолошке станице у Србији[3].

Подаци о индексу мраза усвојени су за најближу метеоролошку станицу (Суботица). Како су подаци за Суботицу и околину, а предметна саобраћајница је ван утицаја града претпоставља се да је период дана са дневним температурама испод нуле нешто дужи, **усвојени (референтни) индекс мраза за 20-то годишњи пројектни период износи:**

**IR=210$^0$Сдана**

[2] *Метереолошки годишњак, Климатолошки подаци 1990-2015, Република Србија-Републички хидрометеоролошки завод*
[3] *Вредности индекса мраза за главне метереолошке станице у Србији у периоду 1992 – 2014 година, Михајловић, Н., Младеновић, Г. Пут и саобраћај, LXII/2016.*

## 6. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

У захтевима Пројектног задатка је дефинисано да се за анализиране експлоатационе услове и пројектни период, изврши пројектовање следећих коловозних конструкција на локацији денивелисаног укрштаја изнад колосека пруге и то:

- Флексибилна коловозне конструкције атарског пута - Коловозна конструкција са застором од асфалт бетона и носећим слојем од невезаног дробљеног каменог агрегата.

- Флексибилна коловозне конструкције сервисног пута - Коловозна конструкција са застором од асфалт бетона и носећим слојем од невезаног дробљеног каменог агрегата.

Димензионисање нове коловозне конструкције и прорачун трајности референтних носећих слојева, обављено је поређењем хоризонталне дилатације затезања у доњем влакну асфалтног слоја, односно вертикалне дилатације притиска на постељици, добијене прорачуном вишеслојног еластичног система за случај коловозних конструкција за које важи претпоставка да су слојеви хомогени и изотропни у хоризонталном правцу у сваком слоју (програм "BISAR-Shell"), са дозвољеном вредности хоризонталне и вертикалне дилатације у складу са методом Shell-а[4].

Полазећи од:

- резултата анализа деструктивног утицаја прогнозираног саобраћајног оптерећења исказаног укупним бројем еквивалентних стандардних осовина и њихове агресивности за сваку врсту примењеног материјала у појединим слојевима и постељици

- референтних вредности фундаменталних механичких својстава (модул, замор) пројектованих материјала у сваком од слојева коловозне конструкције

- референтних климарских параметара.

Полазне претпоставке су:

- Постељица (завршни слој насипа) је од песка (рефулисаног или мајданског) дебљине dmin=50cm. Пројектована (трајна) вредност носивости изражена преко еластичног модула хомогеног полупростора је E=50MPa.

- Дебљине асфалтни слојева установљене су технолошким дебљинама асфалт бетона и битуменизираног носећег слоја.

[4] *Shell Pavement Design Manual, Shell International Petroleum Company Ltd, London, 1978.*

## 6.1 Материјали и мешавине за израду нових слојева коловоза

За израду слојева флексибилне коловозне конструкције, сходно саобраћајном оптерећењу и стандардима SRPS EN 933-1 и SRPS EN 13285 могуће је применити следеће слојеве:

- Доњи носећи слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/63 mm за пројектне дебљине слоја 20 - 30 cm
- Носећи слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/31mm за пројектне дебљине слоја 12 - 25 cm
- Битуменска мешавина за носећи слој БНС 22сА
- Битуменска мешавина за хабајући слој АБ11с

## 6.2 Носећи и хабајући слојеви од асфалтних мешавина

Модули еластичности за нове асфалтне слојеве од класичних мешавина дефинисани су за просечни састав асфалтне мешавине дефинисан стандардима, као и досадашњом инжењерском праксом а у складу са методом Shell лабораторије за меродавну температуру у асфалтном слоју од 22°C и брзине кретања 40km/h. Потребно је користити класичан путни битумен BiT 50/70 у носећем слоју и полимер модификовани битумен PmB 45/80-65 у хабајућем слоју.

Вредности модула еластичности-крутости класичних асфалтних мешавина су **$E_{АБ11}$=3600MPa за хабајући слој од асфалт бетона АБ 11с** (Поасонов коефицијент $\nu$=0.35) и **$E_{БНС22}$=4900MPa за битуменизирани носећи слој БНС 22сА** (Поасонов коефицијент $\nu$=0.35).

## 6.3 Подлога од дробљеног каменог агрегата

Модул еластичности/повратни модул подлоге од невезаног каменог материјала је функција врсте каменог материјала, дебљине слоја $H_i$ и модула еластичности постељице $E_0$:

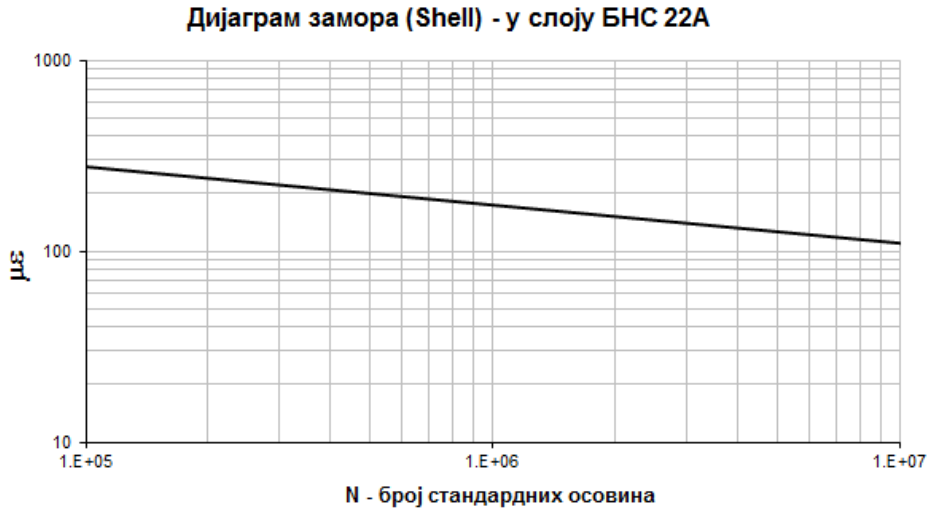
$$E_u = 0.20 \cdot H_i^{0.45} \cdot E_0 \text{ и } 2 < E_i / E_{i+1} < 4,$$ Поасонов коефицијент $\nu$=0.40

## 6.4 Прорачун дозвољене деформације материјала меродавних слојева на дејство поновљеног оптерећења

### Носећи слој од битуменизираног агрегата

За носећи слој од битуменизираног агрегата (БНС) коришћен је закон замора по решењу SHELL лабораторије следеће параметре мечавине БНС 22А и експлоатационе услове саобраћајног оптерећења:

- Модул меродавног слоја E = 4900MPa
- Саобраћајно оптерећење $ECO_{мер_20год}$ = 4.9 x $10^6$ ст.осовина од 80 kN
- Запреминско учешће битумена у мешавини Vb = 8.4%




*Слика 1: Дијаграм замора БНС-а слоја према Shell-u*

па дозвољена деформација (хоризонтална дилатација) на дну слоја БНС 22А, према једначини за замор асфалтне мешавине по моделу SHELL лабораторије износи:

$$\varepsilon_{доз\text{-}бнс} = 123\ \mu\varepsilon$$

## 6.5 Дефинисање прелиминарних решења

На основу урађених анализа дато је прелиминарна решење флексибилне коловозне конструкције денивелације градске саобраћајнице (Мајшански пут) у Суботици, изнад колосека (надвожњак), на стационажи km 177+329.42.

### Нова флексибилна коловозна конструкција – градска саобраћајница

*Припремни радови*

- уклањање површинског слоја терена (хумуса) d = 110 cm
- постављање нетканог геотекстила
- израда насипа од песка (рефулисаног или мајданског)

*Израда нових слојева коловозне конструкције*

- слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/63mm d = 30 cm
- слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/31mm d= 20 cm
- слој од БНС 22сА (БиТ 50/70) d= 6+6 cm
- хабајући слој од АБ11с (PmB 45/80-65) d = 4 cm

## 6.6 Штетни утицај мраза на коловозну конструкцију

Имајући у виду да је постељица (насип) од материјала (рефулисаног или мајданског песка) не осетљивог на штетно дејство мраза, неће се вршити провера коловозне конструкције на утицај наведеног параметра.

# 7. АНАЛИЗА ПОНАШАЊА КОНСТРУКЦИЈЕ У ЕКСПЛОАТАЦИЈИ

За претпостављено решења извршена је напонско деформацијска анализа помоћу програма "BISAR-Shell". Основни критеријум за димензионисање је хоризонтална дилатација затезање у доњем влакну битуменом везаних слојева ($\varepsilon_{бнс}$), односно вертикалне дилатације притиска на постељици ($\varepsilon_{пост}$). Прекорачење $\varepsilon_{бнс}$ изазива пукотине у битуменом везаним слојевима, док прекорачење $\varepsilon_{пост}$ изазива трајне деформације услед преоптерећења постељице. Дебљине и параметризација слојева нове коловозне конструкције, извршени су у складу са усвојеним карактеристикама материјала и прелиминарним решењем приказаним у претходним тачкама. Параметри вишеслојног еластичног система су следећи:

*Табела 2: Параметри вишеслојног еластичног система*

| **ГрадскА саобраћајница - Мајшански пут у Суботици<br>Нова флексибилна коловозна конструкција са асфалтним застором** | | | |
|---|---|---|---|
| **d (cm)** | **Слој** | **E(MPa)** | **ν** |
| 4 | АБ 11с | 3600 | 0.35 |
| 6+6 | БНС 22сА | 4900 | 0.35 |
| 20 | Дробљени невезани камени агрегат 0/31 mm | 350 | 0.40 |
| 30 | Дробљени невезани камени агрегат 0/63 mm | 150 | 0.40 |
| | Постељица (насип) од песка | 50 | 0.40 |

Прорачун је извршен за оптерећење од стандардне осовине од 80 kN које се преноси у 4 тачке, у складу са карактеристикама оптерећења стандардне осовине (два точка са оптерећењем од 20 kN сваки). Резултати прорачуна приказани су на сликама и у табели:

# BISAR 3.0 - Block Report

## Denivelisani ukrstaji _Pruga NS - SU

### System 5: Gradska saobracajnica - kolovozna konstrukcija za asfaltnim zastorom

## Structure

| Layer Number | Thickness (m) | Modulus of Elasticity (MPa) | Poisson's Ratio |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.040 | 3.600E+03 | 0.35 |
| 2 | 0.120 | 4.900E+03 | 0.35 |
| 3 | 0.200 | 3.500E+02 | 0.40 |
| 4 | 0.300 | 1.500E+02 | 0.40 |
| 5 | | 5.000E+01 | 0.40 |

## Loads

| Load Number | Load (kN) | Vertical Stress (MPa) | Horizontal (Shear) Load (kN) | Horizontal (Shear) Stress (MPa) | Radius (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.000E+01 | 5.774E-01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.050E-01 |
| 2 | 2.000E+01 | 5.774E-01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.050E-01 |

| Position Number | Layer Number | X-Coord (m) | Y-Coord (m) | Depth (m) | Stresses XX (MPa) | Stresses YY (MPa) | Stresses ZZ (MPa) | Strains XX μstrain | Strains YY μstrain | Strains ZZ μstrain | Displacements UX (μm) | Displacements UY (μm) | UZ (μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 4.000E-02 | -3.527E-01 | -3.635E-01 | -2.383E-02 | -6.031E+01 | -6.436E+01 | 6.300E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 4.129E+02 |
| 2 | 1 | 0.000E+00 | -1.575E-01 | 4.000E-02 | -5.478E-01 | -4.985E-01 | -5.274E-01 | -5.244E+01 | -3.994E+01 | -4.476E+01 | 0.000E+00 | 6.873E+00 | 4.095E+02 |
| 3 | 2 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.600E-01 | 7.016E-01 | 4.064E-01 | -7.801E-02 | 1.197E+02 | 3.840E+01 | -9.506E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 4.107E+02 |
| 4 | 2 | 0.000E+00 | -1.575E-01 | 1.600E-01 | 7.716E-01 | 6.310E-01 | -8.857E-02 | 1.187E+02 | 7.998E+01 | -1.183E+02 | 0.000E+00 | -9.493E+00 | 4.016E+02 |
| 5 | 3 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 3.600E-01 | 4.795E-02 | 4.138E-02 | -3.305E-02 | 1.275E+02 | 1.012E+02 | -1.965E+02 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 3.719E+02 |
| 6 | 3 | 0.000E+00 | -1.575E-01 | 3.600E-01 | 4.485E-02 | 3.752E-02 | -3.058E-02 | 1.202E+02 | 9.088E+01 | -1.815E+02 | 0.000E+00 | -1.545E+01 | 3.630E+02 |
| 7 | 4 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.600E-01 | 1.893E-02 | 1.801E-02 | -1.260E-02 | 1.118E+02 | 1.032E+02 | -1.825E+02 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 3.127E+02 |
| 8 | 4 | 0.000E+00 | -1.575E-01 | 6.600E-01 | 1.806E-02 | 1.659E-02 | -1.204E-02 | 1.083E+02 | 9.453E+01 | -1.726E+02 | 0.000E+00 | -1.579E+01 | 3.077E+02 |
| 9 | 5 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 6.600E-01 | 7.127E-04 | 4.058E-04 | -1.260E-02 | 1.118E+02 | 1.032E+02 | -2.609E+02 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 3.127E+02 |
| 10 | 5 | 0.000E+00 | -1.575E-01 | 6.600E-01 | 6.709E-04 | 1.804E-04 | -1.204E-02 | 1.083E+02 | 9.453E+01 | -2.475E+02 | 0.000E+00 | -1.579E+01 | 3.077E+02 |

| Layer Number | Shear Angle (Degrees) |
|---|---|
| 1 | 0.000E+00 |
| 2 | 0.000E+00 |

| Position Number | X-Coord (m) | Y-Coord (m) |
|---|---|---|
| 1 | 0.000E+00 | -1.575E-01 |
| 2 | 0.000E+00 | -1.575E-01 |

*Слика 2: Прорачун напона и дилатација, градска саобраћајница – ст.осовине од 80kN*

Прорачуном напона и дилатација утврђена је дилатација затезања савијањем у доњем влакну битуменом везаним слојевима (БНС 22сА). Дилатација затезања на дну асфалтног слоја под утицајем половине стандардне осовине од 80 kN износи $\varepsilon_{xx}$=120μstrain, што одговара за 5.7x10$^6$ прелаза стандардних осовина од 80 kN, за ниво поузданости од 95%.

**Из претходног следи да, имајући у виду пројектовано саобраћајно оптерећење од 4.9x10$^6$ стандардних осовина од 80 kN, пројектована коловозна конструкција атарског пута задовољава у погледу трајности (коректно димензионисана).**

## 8. ПРОЈЕКТНО РЕШЕЊЕ

Решење је засновано на експлоатационим условима, односно на резултатима анализа и прорачуна приказаним у претходним тачкама ове пројектне документације. На основу урађених анализа, дато је пројектно решење флексибилне коловозне конструкције денивелације градске саобраћајнице (Мајшански пут) у Суботици, изнад колосека (надвожњак), на стационажи km 177+329.34, односно сервисног пута и то:

### Нова флексибилна коловозна конструкција – градска саобраћајница

*Припремни радови*

- уклањање површинског слоја терена (хумуса) d = 110 cm
- припрема (збијањем) подтла ($E_{V2}$≥35MPa, $E_{V2}/E_{V1}$≤2.4, Ms≥25MPa)
- постављање нетканог геотекстила (сепарација и филтрација)
- израда насипа од рефулисаног (или мајданског) песка ($E_{V2}$≥50MPa, $E_{V2}/E_{V1}$≤2.4, Ms≥35MPa)

*Израда нових слојева коловозне конструкције*

- невезани дробљени камен 0/63mm ($E_{V2}$≥110MPa, $E_{V2}/E_{V1}$≤2.4, Ms≥75MPa ) d = 30 cm
- невезани дробљени камен 0/31mm ($E_{V2}$≥160MPa, $E_{V2}/E_{V1}$≤2.4, Ms≥110MPa) d = 20 cm
- слој од БНС 22сА (BiT 50/70) d= 6+6 cm
- хабајући слој од АБ11с (PmB 45/80-65) d = 4 cm

### Нова флексибилна коловозна конструкција – сервисни пут

*Припремни радови*

- уклањање површинског слоја терена (хумуса) d = 110 cm
- припрема (збијањем) подтла ($E_{V2}$≥35MPa, $E_{V2}/E_{V1}$≤2.4, Ms≥25MPa)
- постављање нетканог геотекстила
- израда постељице од рефулисаног песка (или мајданског) ($E_{V2}$≥50MPa, $E_{V2}/E_{V1}$≤2.4, Ms≥35MPa) dmin = 30 cm

*Израда нових слојева коловозне конструкције*

- невезани дробљени камен 0/63mm ($E_{V2}$≥90MPa, $E_{V2}/E_{V1}$≤2.4, Ms≥65MPa ) d = 20 cm
- невезани дробљени камен 0/31mm ($E_{V2}$≥110MPa, $E_{V2}/E_{V1}$≤2.4, Ms≥75MPa) d = 15 cm
- слој од БНС 22А (BiT 50/70) d= 6 cm
- хабајући слој од АБ11 (BiT 50/70) d = 4 cm

### Коловоз на мостовској конструкцији

- израда хидроизолације d= 1 cm
- заштитни слој од АБ11 (BiT 50/70) d = 3 cm
- хабајући слој од АБ11 (BiT 50/70) d = 4 cm

**Напомена 1:** Пројектним решењем се предвиђа постављање Геотекстила (нетканог) на контакту између глиновитог подтла и постељице (насипа) од рефулисаног песка (или мајданског).